

분산 클라우드 환경을 활용한 동적 알고리즘 기반

전기차 충전 정보 관리 기법 연구

이민경⁰, 홍충선*
 경희대학교 컴퓨터공학과
 {minkyung0110, cshong}@khu.ac.kr

Dynamic Algorithm based EV charging information management method using Distributed Cloud

MinKyung Lee⁰, ChoongSeon Hong*
 Department of Computer Science and Engineering, Kyung Hee University

요 약

전기자동차 시장이 급증함에 따라, 전기자동차 수 대비 적은 충전기 설치 비율을 해결하기 위해, 각 충전기 운영사업자들은 이동형 충전기를 개발하고 있는 추세이다. 그러나 충전기 운영사업자의 경우, 전기자동차 고객번호, 이동형 충전기 고객번호, 충전 장소의 RFID 태그 번호, 전력공급업체 고유 번호에 대한 정보를 별도의 서버에 저장하여 과금을 부과해야 한다. 즉 운영사업자가 하나의 서버만을 두었을 때, 전기자동차 고객 수 대비 서버 네트워크 과부하 현상이 발생할 가능성이 제기되었다. 따라서 본 논문은 이러한 문제를 해결하기 위해 분산클라우드 환경을 적용하여, 각 지역별 모바일 엣지 클라우드에 거리 기반 전기자동차 충전 정보가 저장되게 하며, 중간 거리에 있는 사용자의 경우, 동적 알고리즘을 통해 할당 가능한 클라우드 서버에 정보를 저장하는 방안을 제안하고자 한다.

1. 서 론

최근 전기자동차는 미래 스마트 그리드 사업에서 전기 에너지 저장 및 운반체로 각광 받는 추세이다. 2017년 사상 처음 100만대를 돌파한 세계 전기자동차 시장은 2030년 시장 규모가 3000만대로 급증할 것이라 예상된다 [1]. 시장 규모가 급증함에 따라 충전관련 문제점들이 제기되었다. 그 중 가장 두드러진 문제는 국내 환경적 특성상 전기자동차 수 대비 급속 및 완속 충전기 설치가 어렵다는 것이다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 현재 이동형 충전기가 개발되고 있는 추세이다[2]. 이동형 충전기의 경우, 일반 완속 및 급속 충전기와는 다르게, 전기자동차 사용자가 해당 충전기를 RFID 태그에 직접 꼽아 사용한다. 즉, 장소와 무관하게 220v의 RFID 태그가 있는 곳에서 전기자동차 충전이 가능하다는 특징을 가지고 있다[3]. 그러나 이러한 이동형 충전기의 특징은 충전기 운영사업자가 전기자동차 고객번호, 이동형 충전기 고객번호, 충전 장소의 RFID 태그 번호 등에 대한 정보를 별도로 저장해야 된다. 즉 이동형 충전기 고객 수 대비 고객별 정보를 저장할 양이 기하급수적으로 증가하게 되어, 서버 과부하 문제가 발생할 것이라 야기된다[3].

따라서 본 논문은 이와 같은 문제를 해결하고자, 분산

클라우드 환경을 통해 단일 서버가 아닌 코어, 리즈널, 에지 서버를 두어 네트워크 과부하를 방지하는 방안을 제안하며 또한 동적 알고리즘을 통해 분산 클라우드 환경 내 에지 클라우드에서 야기될 수 있는 과부하 역시 해결하는 방안을 제안하고자 한다.

2. 관련 연구

2.1 분산 클라우드

분산 클라우드 환경이 등장하면서, 해당 기술을 여러 분야에 적용하는 사례들이 등장하였다. 분산 클라우드 환경은 그림 1과 같이 사용자와 밀접한 위치에서 클라우드 서비스를 빠르게 제공하기 위해 고안되었다. 또한 중앙집중형 클라우드에 비해 서비스를 효율적으로 제공하며 리즈널과 에지를 통해 코어의 부하를 감소하는 장점을 지닌 시스템이다[4][5].

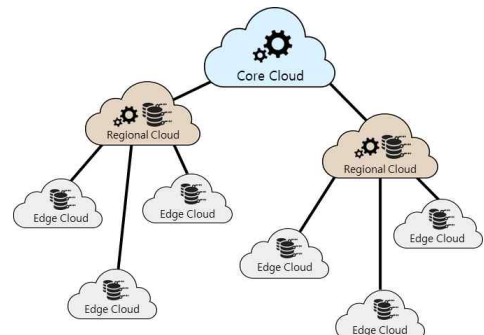


그림 1. 분산 클라우드 전체 시스템 모델

본 연구는 산업통상자원부(MOTIE)와 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 70300038). 아울러 본 연구는 2018년도 산업통상자원부의 재원으로 한국산업기술평가관리원의 지원을 받아 수행된 연구임(No.10067093, 이동형 충전기 통신 인프라 및 전기안전표준 개발) *Dr. CS Hong is the corresponding author

2.2 다중 선택 배낭 이론

다중 선택 배낭 이론(MCKP, Multiple-Choice Knapsack Problem)은 동적 알고리즘의 하나로, 기존의 배낭문제에서 분리된 다중 선택 제약 조건을 추가한 알고리즘이다 [6]. 일반 배낭문제가 아이템 하나당 하나의 리소스 값과 가중치만 고려하여 배낭에 최대로 큰 가중치를 지닌 리소스를 많이 담도록 설계 되었다. 반면, 다중 선택 배낭 이론은 아이템 하나당 다수의 리소스와 가중치들을 고려하여 최대로 큰 가중치를 지니는 아이템들을 담을 수 있도록 개선된 알고리즘이다[6].

MCKP 알고리즘의 경우, 서비스 마다 고려해야 될 요소들이 많고, 제한된 자원 환경 내 고려 요소가 많은 서비스들을 최대로 할당하고자 할 때 사용되기 적합한 알고리즘 중 하나이다[7]. [7]의 경우, 하나의 서비스가 지닌 채널, 저장 용량, 파워 요소를 고려하여, 제한된 수용량을 지닌 기지국의 모바일 에지 서버에 가중치가 높은 서비스를 최대로 많이 할당하는 방안을 제안하였다.

3. 제안 사항

본 논문은 그림 2과 같이 분산 클라우드 시스템을 활용하여 전기자동차 충전 정보를 관리하며, 여러 에지 클라우드들의 중간 지점에 있는 전기자동차의 경우 동적 알고리즘 기반으로 할당 가능한 리소스를 지닌 에지 클라우드에 충전 정보를 전송하여 관리하는 방안을 제안한다.

분산 클라우드 환경은 코어, 리즈널, 에지 클라우드로 구성되어있다. 코어의 경우는 전기자동차 충전기 운영사업자가 관리하는 메인 서버가 된다. 리즈널의 경우, 전국에 흩어진 에지 클라우드들의 정보가 코어로 전송되기 전 지나가는 통로의 역할을 담당한다. 에지 클라우드는 그림 2처럼 전기자동차 충전기 운영사업자를 위해 지역별로 설치되어 있는 분산 서버이다.

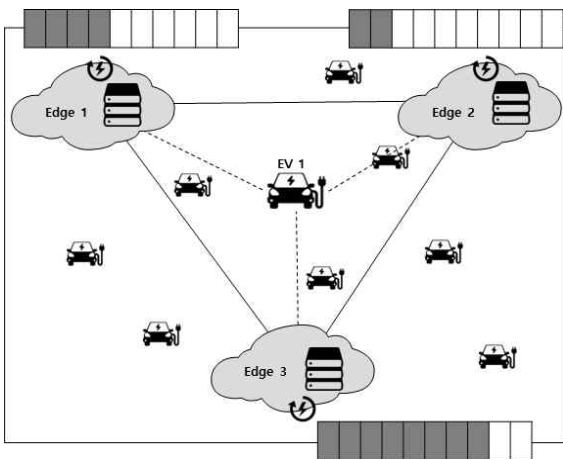


그림 2. 분산 클라우드 환경 내 전기차 충전 정보 관리

이러한 에지 클라우드는 전기자동차 사용자의 충전 정보가 한꺼번에 운영사업자의 중앙집중형 클라우드로 몰려 발생할 수 있는 네트워크 과부하를 감소하는 역할을 담당한다. 각 지역별로 지역을 관리할 수 있는 에지 클

라우드들이 할당 된다. 이때 전기자동차 충전 정보는 최단 거리 기반으로 가까운 거리에 있는 에지 클라우드에 저장이 된다.

그러나 자동차의 이동성을 고려하였을 때, 모든 에지 클라우드들의 중간 지점에 위치한 전기자동차가 존재할 수 있게 된다. 이 경우 거리 기반으로 에지 클라우드에 충전 정보를 전송하는 것이 불가능하다. 이와 같은 경우에는 다중 선택 배낭 이론(MCKP)을 적용하여, 모든 에지 클라우드들 중 할당 가능 리소스를 많이 지닌 에지 클라우드로 전기자동차 충전 정보가 전송되도록 한다[5].

$$\text{maximize } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_j} p_{ij} x_{ij} \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{subject to, } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_j} w_{ij} x_{ij} \leq c \dots\dots\dots (2)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, i = 1, \dots, n, j \in m_i \dots\dots\dots (3)$$

표 1. 다중 선택 배낭 이론 변수 및 의미 정의

변수	의미
n	전기 자동차 충전 정보 내 클래스들의 수
m_i	전기자동차 충전 정보의 수
p_{ij}	클래스드과 각각의 충전 정보들의 이익
x_{ij}	충전 정보 여부에 대한 이진 변수
w_{ij}	충전 정보들의 가중치 변수
c	에지 클라우드의 총 수용량

수식 (1)에서 전기자동차 충전 정보가 저장에 필요한 최대 경우를 찾는다. 수식 (2)를 통해 충전 정보의 가중치가 에지 클라우드의 수용량보다 작은 경우를 찾는다. 이 때, 에지 클라우드가 할당 가능한 수용량을 지니고 있다면, 전기자동차의 충전 정보를 전송한다.

알고리즘	Process to search proper Edge cloud
1:	EV ← Electric vehicle
2:	ChgInfo ← charge information of Electric vehicle
3:	InfoOrNot ← whether charge information is or not
4:	InfoW ← weight of charge information from EV
5:	InfoProfit ← profits of charge information from EV
6:	EdgeNum ← number of edge cloud
7:	capacity ← capacity of edge cloud
8:	IF Chginfo from EV has InfoProfit
9:	calculate InfoProfit whether high or low
10:	FOR InfoProfit is high
11:	calculate InfoW
12:	compare with capacity
13:	IF capacity is much bigger
14:	transmit ChgInfo to the Edge
15:	ELSE IF capacity is much smaller
16:	find other Edge by using the algorithm
17:	BREAK when find an available capacity

4. 정성적 성능 평가

본 논문이 제안한 MCKP를 적용한 경우 아래 표 2와 같이 총 3가지 사항이 개선될 것이라 예상된다.

표 2. 분산 클라우드 환경 및 MCKP 적용에 따른 평가

구분	분산 클라우드 환경 내 MCKP 적용 여부	
	적용	미적용
정보 전송 지연 시간	낮음	중간
정보 전송 실패율	낮음	높음
네트워크 과부하	중간	높음

첫째, 분산 클라우드 환경을 통해, 충전기 운영사업자는 기존 중앙집중형 클라우드 운영에서 발생하던 네트워크 과부하 문제를 해결할 수 있을 것이다.

둘째, 중앙집중형 클라우드의 경우와 비교하였을 때, 충전 정보들이 에지 클라우드에 한 번 저장됨으로 코어 클라우드로 다량의 충전 정보가 전송될 때 보다 정보 전송 실패율이 하락할 것이라 예상된다.

셋째, MCKP 알고리즘 적용을 통해, 전기자동차 사용자가 이동형 충전기 고객 정보 및 충전 장소의 RFID 태그 정보 등을 할당 가능한 엣지 클라우드에 저장될 수 있도록 한다. 이를 통해 분산 클라우드 내 충전 정보 전송 지연 시간 역시 중앙집중형 시스템에 비해 낮아질 것이라 예상된다.

5. 결론 및 향후 연구

본 논문은 전기자동차의 수가 급증함에 따라 야기되는 충전기 운영사업자의 충전 정보 관리 관련 네트워크 부하 분산과 서비스 전송 지연 시간 해결을 위해 다중 선택 배낭 이론을 적용한 방안을 제안하였다. 분산 클라우드 환경을 도입함에 따라 운영사업자의 코어에서 관리해야 될 전기자동차 및 충전 관련 정보의 수가 급감하게 된다. 또한 분산 클라우드 환경을 통해 충전 정보가 코어로만 집중될 때에 비해 정보 전송 실패율이 하락하였다는 것을 알 수 있었다. 더불어 다중 선택 배낭 이론을 통해 충전을 완료한 전기 자동차가 여러 에지 클라우드들의 중간점에 있는 경우, 할당 가능한 수용량이 남은 에지 클라우드를 찾아 충전 정보를 전송할 수 있도록 하였다. 이를 통해 충전 정보 지연 시간이 감축될 수 있다는 것을 알 수 있었다.

향후 연구 방향은 제안한 분산 클라우드 환경을 활용하여 전기자동차 간의 전력 거래 및 공급에 대하여 효율적인 전력 자원 할당 방안을 연구하는 것이다.

참 고 문 헌

[1] BloombergNEF, "Energy Outlook 2018," available at: <https://about.bnef.com/new-energy-outlook/>, accessed on: May, 21st, 2018

[2] 김현철, "이동식 전기자동차 충전기 보급사례와 시사점," JRI 정책이슈 브리프, vol. 278, 2017

[3] 이현기, 김동욱, 강신석, "전기자동차 충전인프라 표준화

현황," 오토저널, 35(12), 63-67, 2013

[4] 김윤곤 et al, "분산 클라우드 환경을 위한 클라우드 점진적 분산화 모델 연구," 한국정보과학회 2017, pp.1181-1183, 2017

[5] Patricia Takako Endo et al, "Resource allocation for distributed cloud: concepts and research challenges," IEEE Network, DOI:10.1109/MNET.2011.5958007, pp.42-46, 2011

[6] Prabhakant Sinha and Andris A. Zoltners, "The Multiple-Choice Knapsack Problem," Operations Research, Vol 27, No. 3, pp. 503-515, 1979

[7] Minkyung Lee, Choong Seon Hong, "Efficient Slice Allocation for Novel 5G Services," 2018 Tenth International Conference on Ubiquitous and Future Networks(ICUFN), DOI:11.1109/ICUFN.2018.8436824,2018